

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re application of: Akira FURUYA, et al.

Serial No.: Not Yet Assigned

Filed: December 27, 2001

For: SEMICONDUCTOR PHOTO DETECTING DEVICE AND ITS MANUFACTURING METHOD

3-25-02  
jc760 U.S. PRO  
10/026451  
12/27/01

CLAIM FOR PRIORITY UNDER 35 U.S.C. 119

Commissioner for Patents  
Washington, D.C. 20231

December 27, 2001

Sir:

The benefit of the filing date of the following prior foreign application is hereby requested for the above-identified application, and the priority provided in 35 U.S.C. 119 is hereby claimed:

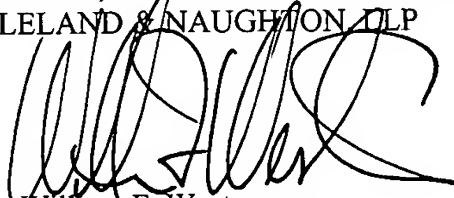
**Japanese Appln. No. 2000-402075, filed December 28, 2000**

In support of this claim, the requisite certified copy of said original foreign application is filed herewith.

It is requested that the file of this application be marked to indicate that the applicants have complied with the requirements of 35 U.S.C. 119 and that the Patent and Trademark Office kindly acknowledge receipt of said certified copy.

In the event that any fees are due in connection with this paper, please charge our Deposit Account No. 01-2340.

Respectfully submitted,  
ARMSTRONG, WESTERMAN, HATTORI  
MCLELAND & NAUGHTON LLP



William F. Westerman  
Reg. No. 29,988

Atty. Docket No.: 011758  
Suite 1000, 1725 K Street, N.W.  
Washington, D.C. 20006  
Tel: (202) 659-2930  
Fax: (202) 887-0357  
WFW/ll

PATENT OFFICE  
JAPANESE GOVERNMENT

This is to certify that the annexed is a true copy  
of the following application as filed with this office.

Date of Application: December 28, 2000

Application Number: Japanese Patent Application  
No. 2000-402075

Applicant(s) FUJITSU QUANTUM DEVICES LIMITED

September 27, 2001

Commissioner,  
Patent Office

Kouzo Oikawa (Seal)

Certificate No.2001-3088858

日本国特許庁  
JAPAN PATENT OFFICE



別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出願年月日

Date of Application:

2000年12月28日

出願番号

Application Number:

特願2000-402075

出願人  
Applicant(s):

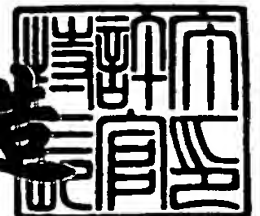
富士通カンタムデバイス株式会社



2001年 9月27日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

及川耕造



出証番号 出証特2001-3088858

【書類名】 特許願

【整理番号】 0001215

【提出日】 平成12年12月28日

【あて先】 特許庁長官 及川 耕造 殿

【国際特許分類】 H01L 31/10

【発明の名称】 半導体受光装置およびその製造方法

【請求項の数】 11

【発明者】

【住所又は居所】 山梨県中巨摩郡昭和町大字紙漉阿原 1 0 0 0 番地 富士  
通カンタムデバイス株式会社内

【氏名】 古谷 章

【発明者】

【住所又は居所】 山梨県中巨摩郡昭和町大字紙漉阿原 1 0 0 0 番地 富士  
通カンタムデバイス株式会社内

【氏名】 白井 達哲

【特許出願人】

【識別番号】 000154325

【氏名又は名称】 富士通カンタムデバイス株式会社

【代理人】

【識別番号】 100070150

【住所又は居所】 東京都渋谷区恵比寿4丁目20番3号 恵比寿ガーデン  
プレイスタワー32階

【弁理士】

【氏名又は名称】 伊東 忠彦

【電話番号】 03-5424-2511

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 002989

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9806577

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 半導体受光装置およびその製造方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 側壁面で画成され、入射光に対して透明な半導体基板と、前記半導体基板上に形成された光吸収層とを備えた半導体受光装置において、少なくとも前記 1 側壁面は、その全面が前記半導体基板の主面に垂直な面に対して傾斜した平坦面よりなり、  
前記入射光は、前記平坦面に実質的に垂直に入射することを特徴とする半導体受光装置。

【請求項 2】 前記平坦面は、へき開面よりなることを特徴とする請求項 1 記載の半導体受光装置。

【請求項 3】 前記半導体基板は、さらに前記へき開面に対して平行に対向する別のへき開面により画成されることを特徴とする請求項 2 記載の半導体受光装置。

【請求項 4】 前記半導体基板は III-V 族化合物半導体基板よりなり、前記平坦面は (1 1 0) 面または (1 1 1) 面よりなることを特徴とする請求項 1～3 のうち、いずれか一項記載の半導体受光装置。

【請求項 5】 前記平坦面は、前記半導体基板の主面に垂直な面に対して 30° 以下の角度をなすことを特徴とする請求項 1～4 のうち、いずれか一項記載の半導体受光装置。

【請求項 6】 前記半導体基板の主面は、(1 0 0) 面に対して傾斜していることを特徴とする請求項 1～5 のうち、いずれか一項記載の半導体受光装置。

【請求項 7】 前記平坦面上には、反射防止膜が形成されていることを特徴とする請求項 1～6 のうち、いずれか一項記載の半導体受光装置。

【請求項 8】 前記光吸収層中は前記平坦面への垂線が通過する範囲内に形成され、受光領域を形成することを特徴とする請求項 1～7 のうち、いずれか一項記載の半導体受光装置。

【請求項 9】 前記光吸収層上にはキャップ層が形成され、前記キャップ層上にはオーミック電極が形成されていることを特徴とする請求項 8 記載の半導体

受光装置。

【請求項 1 0】 前記光吸収層上にはさらにキャップ層が形成され、前記光吸収層およびキャップ層は第 1 の導電型を有し、さらに前記光吸収層およびキャップ層の一部には、受光領域に対応して第 2 の導電型を有する導電型反転領域が形成されており、前記受光領域は前記平坦面への垂線が通過する範囲内に形成されることを特徴とする請求項 1 ～ 7 のうち、いずれか一項記載の半導体受光装置。

【請求項 1 1】 傾斜半導体基板上に光吸収層を含む複数の半導体層を順次堆積する工程と、

前記傾斜半導体基板上において前記複数の半導体層をパターニングすることにより、前記傾斜半導体基板の表面上に画成された複数の領域において、光吸収層を含む複数の半導体受光素子パターンをそれぞれ形成する工程と、

前記傾斜半導体基板を、前記複数の領域においてへき開することにより、各々少なくとも一対のへき開面により画成された複数の半導体受光素子を、相互に分離させる工程と、

前記分離した半導体受光素子の各々において、該へき開面上に反射防止膜を形成する工程とよりなることを特徴とする請求項 1 ～ 1 0 のうち、いずれか一項記載の半導体受光装置の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【 0 0 0 1 】

【発明の属する技術分野】

本発明は一般に半導体装置に係り、特に光ファイバ通信システムあるいは光情報処理装置で使われる半導体受光装置およびその製造方法に関する。

【 0 0 0 2 】

半導体受光装置は光ファイバ通信システムにおいて、光信号を電気信号に高速に変換するために必須の要素である。しかし、最近の光ファイバ通信システム中におけるトラヒックの急増、およびこれに対応した伝送速度の増大に伴い、半導体受光装置の応答速度のさらなる向上が求められている。

【 0 0 0 3 】

## 【従来の技術】

従来より、高速半導体受光装置としてはいわゆるPINフォトダイオードが広く使われている。PINフォトダイオードは光吸収層中に入来光信号により形成された光励起キャリアを、逆バイアスを印加したpn接合を介して光電流の形で読み出す受光装置であり、非常に高速での応答が可能である。

## 【0004】

PINフォトダイオードの応答速度は、主にpn接合に伴う寄生容量により制限され、このため従来よりかかる寄生容量を低減するための様々な構成が提案され、成果をあげている。

## 【0005】

一方、このように構造の改良によりPINフォトダイオードの寄生容量が低減されてくると、フォトダイオードの応答速度を制限する要因として、さらに光励起されたキャリアが光吸収層中を通過するに要するキャリア移動時間が、新たな律速要因として浮上してきている。キャリア移動時間はPINフォトダイオード中の光吸収層の厚さを低減することにより抑制することが可能であるが、光吸収層の厚さを低減した場合、入射光信号が光吸収層において十分に吸収されずに通過してしまい、受光効率低下の問題が生じてくる。

## 【0006】

そこで従来より、薄い光吸収層に斜めに光信号を入射し、キャリア移動時間を短縮すると同時に受光効率の低減を回避する構成を有するPINフォトダイオードが提案されている。

## 【0007】

図1は、かかる従来の高速PINフォトダイオード10の構成を示す。

## 【0008】

図1を参照するに、前記PINフォトダイオード10は半絶縁性InP基板11上に構成されており、前記InP基板11上にエピタキシャルに形成されたn型InPバッファ層12と、前記バッファ層12上にエピタキシャルに形成された非ドープあるいはn<sup>-</sup>型InGaAs光吸収層13と、前記光吸収層13上にエピタキシャルに形成されたp型InPキャップ層14とよりなり、前記n型I



n P バッファ層 12 上には n 型オーミック電極 12 A が、また前記 p 型 I n P キャップ層 14 上には p 型オーミック電極 14 A が形成されている。

## 【0009】

図 1 の構造では前記 I n P 基板 11 上において前記 n 型 I n P バッファ層 12 が限られた面積のパターンを形成し、さらに前記光吸収層 13 および p 型 I n P キャップ層 14 が前記 n 型 I n P バッファ層 12 上において限られた面積のメサ構造を形成するため、寄生容量が最小化されている。また図 1 の P I N フォトダイオード 10 では、入来光信号 1 は前記 I n P 基板 11 の下面 11 A に入射角  $\theta_0$  で斜めに入射され、屈折角  $\theta_i$  で屈折される。その結果、前記光信号 1 は前記光吸収層 13 に斜めに入射する。

## 【0010】

しかし、かかる基板下面 11 A に光信号 1 を斜めに入射させる構成のフォトダイオードでは、前記 I n P 基板 11 が約 3.0 の非常に大きな屈折率を有するため、前記光信号 1 を前記基板下面 11 A に非常に浅い角度で、換言すると大きな入射角  $\theta_0$  で入射した場合でも前記光信号は前記光吸収層 13 に垂直に近い角度で入射してしまい、光吸収層 13 中における十分な光路長を確保することができない。

## 【0011】

これに対し、図 2 は特開平 11-135823 号公報による、別の従来的高速 P I N フォトダイオード 20 の構成を示す。

## 【0012】

図 2 を参照するに、前記 P I N フォトダイオード 20 も半絶縁性 I n P 基板 21 上に構成されており、前記 I n P 基板 21 上にエピタキシャルに形成された n 型 I n P バッファ層 22 と、前記 I n P バッファ層 22 上にエピタキシャルに形成された n<sup>-</sup>型 I n G a A s 光吸収層 23 と、前記光吸収層 23 上にエピタキシャルに形成された p 型 I n P キャップ層 24 とを含み、前記 I n P キャップ層 24 およびその下の I n G a A s 光吸収層 23 の一部には、p 型にドーピングされた拡散領域 25 が形成されている。

## 【0013】

さらに前記 InP キャップ層 24 上には、前記 p 型拡散領域 25 に対応して p 型オーミック電極 26 が形成され、さらに前記 p 型拡散領域 25 の外側の n 型領域上には n 型オーミック電極 27 が形成され、前記 InP キャップ層 24 の露出表面は SiN 等のパッシベーション膜 24A により覆われている。

## 【0014】

図 2 の PIN フォトダイオード 20 では、さらに前記基板 21 を含む半導体層 22～24 の一部が、基板側方から作用するエッチングにより除去されており、これに伴い前記 PIN フォトダイオード 20 には、前記基板 21 の側壁面 21A から延在し、前記半導体層 22～24 を斜めにカットする斜面 21B が形成されている。そこで、かかる斜面 21B に対して前記基板 21 に平行に進行する光信号 1 を入射させた場合、かかる光信号 1 は前記斜面 21B において前記光吸収層 23 の方向に屈折される。

## 【0015】

図 2 の PIN フォトダイオード 20 に類似した構成は、例えば特開平 11-307806 号公報にも記載されている。

## 【0016】

図 3 は、前記特開平 11-307806 号公報に記載の PIN フォトダイオード 30 の構成を示す。ただし図 3 中、先に説明した部分には同一の参照符号を付し、説明を省略する。

## 【0017】

図 3 を参照するに、前記 PIN フォトダイオード 30 は n 型 InP 基板 31 上構成されており、前記基板 31 上にエピタキシャルに形成された n<sup>-</sup> 型 InGaAs 光吸収層 32 と前記光吸収層 32 上にエピタキシャルに形成された n 型 InP キャップ層 33 とよりなり、前記 InP キャップ層 33 とその下の InGaAs 光吸収層の一部には、p 型拡散領域 34 が形成されている。さらに前記 p 型拡散領域 34 上には p 型オーミック電極 35 が、また前記 InP 基板 31 の下主面 31A 上には n 型オーミック電極 36 が形成されている。

## 【0018】

図 3 の PIN フォトダイオード 30 では、前記 InP 基板 31 の下縁に沿って

斜面 3 1 B が形成されており、従って前記基板 3 1 の面に平行に光信号 1 が入射すると前記斜面 3 1 B により、前記光吸収層 3 2 の方向に屈折される。

#### 【 0 0 1 9 】

さらにこのような入射光信号の光吸収層の方向への偏向は、屈折以外に反射により実現することも可能である。

#### 【 0 0 2 0 】

図 4 は、特開平 2 0 0 0 - 1 8 3 3 9 0 号公報に記載された反射による入射光信号の偏向を使った P I N フォトダイオード 4 0 の構成を示す。

#### 【 0 0 2 1 】

図 4 を参照するに、P I N フォトダイオード 4 0 は半絶縁性 I n P 基板 4 1 上に構成されており、前記 I n P 基板 4 1 上にエピタキシャルに形成された n 型 I n P バッファ層 4 2 と、前記バッファ層 4 2 上にエピタキシャルに形成された n 型 I n G a A s 光吸収層 4 3 と、前記光吸収層 4 3 上にエピタキシャルに形成された n 型 I n P キャップ層 4 4 とよりなり、前記 I n P キャップ層 4 4 およびその下の I n G a A s 光吸収層 4 3 の一部には、p 型拡散領域 4 5 が形成されている。また前記 p 型拡散領域 4 5 上には p 型オーミック電極 4 6 が、さらに前記 I n P キャップ層 4 4 のうちの n 型領域上には n 型オーミック電極 4 7 が形成されている。

#### 【 0 0 2 2 】

さらに前記 I n P 基板 4 1 の下主面には斜面で画成された凹部 4 1 A が形成されており、入来光信号 1 は前記 I n P 基板 4 1 の側壁面を通して前記基板主面に平行な面内に沿って入射した後、前記凹部 4 1 A を画成する斜面により、前記光吸収層 4 3 の方に反射される。前記凹部 4 1 A による入射光信号の偏向を促進するために、図 4 の構成では前記基板 4 1 に下主面に前記凹部 4 1 A を覆うように S i N 膜 4 1 a および A l 反射膜 4 1 b を形成し、さらに前記 A l 膜 4 1 b を T i 密着膜 4 1 c を介して A u 膜 4 1 d により覆うことにより保護している。

#### 【 0 0 2 3 】

#### 【発明が解決しようとする課題】

このように、図 2 ～図 4 の P I N フォトダイオードにおいても入来光信号を屈

折または反射により偏向させることにより、前記光吸収層に対して斜めに入射させ、光吸収層中における光路長を増大させることができるが、これら従来の構成では入射した光信号は屈折あるいは反射される際の偏波依存性のため、偏波方向により、実効的な感度が変化してしまう問題がある。一般に光ファイバ通信システムにおいて光ファイバ中を伝播する光信号は偏波面がランダムにドリフト回転しているのが普通であり、受光感度が時時刻刻変化する問題が生じる。

## 【 0 0 2 4 】

さらに先に説明した従来の P I N フォトダイオードでは、入射光信号を屈折あるいは反射する斜面が基板あるいは半導体層の一部に限定して形成されているため、入射光信号をかかると斜面により偏向させるためには入射光信号を前記斜面に正確に入射させる必要がある。しかし、偏向された光信号が前記光吸収層のうち、前記 p 型オーミック電極が形成された受光領域に正しく入射するためには、前記受光領域と斜面との位置関係を正確に維持する必要がある、フォトダイオードの製造工程が複雑になる。

## 【 0 0 2 5 】

さらに先に説明した従来の P I N フォトダイオードでは、前記斜面を基板主面に対して斜めに形成するために、選択エッチングあるいはダイシング工程を行う必要があるが、かかる選択エッチングあるいはダイシングでは光学的に平坦な面を形成するのが困難で、入射光信号が偏向される際にかかる斜面において散乱損が発生しやすい。

## 【 0 0 2 6 】

そこで本発明は上記の課題を解決した新規で有用な半導体受光装置を提供することを概括的課題とする。

## 【 0 0 2 7 】

本発明のより具体的な課題は、光損失が少なく製造が容易な高速半導体受光装置を提供することにある。

## 【 0 0 2 8 】

## 【課題を解決するための手段】

本発明は上記の課題を、

請求項 1 に記載したように、  
側壁面で画成され、入射光に対して透明な半導体基板と、  
前記半導体基板上に形成された光吸収層とを備えた半導体受光装置において、  
少なくとも前記 1 側壁面は、その全面が前記半導体基板の主面に垂直な面に対して傾斜した平坦面よりなり、

前記入射光は、前記平坦面に実質的に垂直に入射することを特徴とする半導体受光装置により、または

請求項 2 に記載したように、

前記平坦面は、へき開面よりなることを特徴とする請求項 1 記載の半導体受光装置により、または

請求項 3 に記載したように、

前記半導体基板は、さらに前記へき開面に対して平行に対向する別のへき開面により画成されることを特徴とする請求項 2 記載の半導体受光装置により、または

請求項 4 に記載したように、

前記半導体基板は III-V 族化合物半導体基板よりなり、前記平坦面は (110) 面または (111) 面よりなることを特徴とする請求項 1～3 のうち、いずれか一項記載の半導体受光装置により、または

請求項 5 に記載したように、

前記平坦面は、前記半導体基板の主面に垂直な面に対して  $30^\circ$  以下の角度をなすことを特徴とする請求項 1～4 のうち、いずれか一項記載の半導体受光装置により、または

請求項 6 に記載したように、

前記半導体基板の主面は、(100) 面に対して傾斜していることを特徴とする請求項 1～5 のうち、いずれか一項記載の半導体受光装置により、または

請求項 7 に記載したように、

前記平坦面上には、反射防止膜が形成されていることを特徴とする請求項 1～6 のうち、いずれか一項記載の半導体受光装置により、または

請求項 8 に記載したように、

前記光吸収層中は前記平坦面への垂線が通過する範囲内に形成され、受光領域を形成することを特徴とする請求項 1～7 のうち、いずれか一項記載の半導体受光装置により、または

請求項 9 に記載したように、

前記光吸収層上にはキャップ層が形成され、前記キャップ層上にはオーミック電極が形成されていることを特徴とする請求項 8 記載の半導体受光装置により、または

請求項 10 に記載したように、

前記光吸収層上にはさらにキャップ層が形成され、前記光吸収層およびキャップ層は第 1 の導電型を有し、さらに前記光吸収層およびキャップ層の一部には、受光領域に対応して第 2 の導電型を有する導電型反転領域が形成されており、前記受光領域は前記平坦面への垂線が通過する範囲内に形成されることを特徴とする請求項 1～7 のうち、いずれか一項記載の半導体受光装置により、または

請求項 11 に記載したように、

傾斜半導体基板上に光吸収層を含む複数の半導体層を順次堆積する工程と、

前記傾斜半導体基板上において前記複数の半導体層をパターニングすることにより、前記傾斜半導体基板の表面上に画成された複数の領域において、光吸収層を含む複数の半導体受光素子パターンをそれぞれ形成する工程と、

前記傾斜半導体基板を、前記複数の領域においてへき開することにより、各々少なくとも一对のへき開面により画成された複数の半導体受光素子を、相互に分離させる工程と、

前記分離した半導体受光素子の各々において、該へき開面上に反射防止膜を形成する工程とよりなることを特徴とする請求項 1～10 のうち、いずれか一項記載の半導体受光装置の製造方法により、解決する。

【 0 0 2 9 】

本発明によれば、半導体受光装置を構成する基板の少なくとも一つの側壁面の全体が、基板主面に対して傾斜した平坦面より構成されるため、かかる平坦面を光信号の入射面として使うことにより、入射光信号を入射面において屈折あるいは反射させることなく前記基板上に形成された受光領域に、実質的に真直ぐに導

くことが出来る。その際、前記平坦面は半導体基板の側壁面全体にわたり形成されているため、基板上に形成される受光領域の位置を前記基板側壁面に対して厳密に規定せずとも入射光信号を真直ぐ受光領域に導くことが可能になり、半導体受光装置の製造が容易になる。さらにかかる平坦面は基板として傾斜基板を使うことにより、単純なへき開面作業により形成が可能で、光学的な品質の平坦面を容易に得ることができる。さらに本発明の半導体受光装置では入射光信号がかかる平坦面に垂直に入射して、そのまま真直ぐ受光領域に到達するため、従来のフォトダイオードで入射光の屈折あるいは反射の際に生じていた偏波依存性の問題を回避することができる。

## 【 0 0 3 0 】

## 【発明の実施の形態】

## 〔第 1 実施例〕

図 5 は本発明の第 1 実施例による P I N フォトダイオード 5 0 の構成を示す。

## 【 0 0 3 1 】

図 5 を参照するに、前記 P I N フォトダイオード 5 0 は半絶縁性の傾斜 I n P 基板 5 1 上に構成されており、前記基板 5 1 上にエピタキシャルに形成された厚さが約  $0.5 \mu\text{m}$  の n 型 I n P バッファ層 5 2 と、前記 n 型 I n P バッファ層 5 2 上にエピタキシャルに形成された厚さが約  $0.5 \mu\text{m}$  の非ドープあるいは n<sup>-</sup> 型 I n G a A s よりなる光吸収層 5 3 と、前記光吸収層 5 3 上にエピタキシャルに形成された厚さが約  $0.5 \mu\text{m}$  の p 型 I n P キャップ層 5 4 とよりなり、前記 I n G a A s 光吸収層 5 3 と p 型 I n P キャップ層 5 4 とは前記 n 型 I n P バッファ層 5 2 上において、前記 P I N フォトダイオード 5 0 の受光領域となる径が約  $10 \mu\text{m}$  のメサ構造 M を形成する。さらに前記 n 型 I n P バッファ層 5 2 上には n 型オーミック電極 5 2 A が、また前記 p 型 I n P キャップ層 5 4 上には p 型オーミック電極 5 4 A が形成されている。

## 【 0 0 3 2 】

本実施例による P I N フォトダイオード 5 0 では、前記半絶縁性 I n P 基板 5 1 は ( 1 0 0 ) 面に垂直な面から  $30^\circ$  以下の角度  $\theta$  で傾斜した主面を有し、さらに ( 1 1 0 ) 面よりなる一対の平行な側壁面 5 1 A, 5 1 B により画成されて

いる。従って、前記側壁面 5 1 A, 5 1 B もまた、前記基板主面に垂直な面に対して  $30^\circ$  以下の角度  $\theta$  をなす。

#### 【0033】

前記側壁面 5 1 A, 5 1 B はへき開面により形成されるのが好ましく、一方の側壁面 5 1 A 上には SiN 等よりなる反射防止膜 5 1 a が形成されている。

#### 【0034】

図 5 の PIN フォトダイオード 5 0 では、入射光信号は前記反射防止膜 5 1 a を通って前記側壁面 5 1 A に垂直に入射し、そのまま前記 InP 基板 5 1 中を直進して InGaAs 光吸収層 5 3 に斜めに入射する。このため前記光吸収層 5 3 の厚さが薄い場合でも入射光信号の前記光吸収層 5 3 中における光路長は長くなり、その結果光吸収層 5 3 は前記入射光信号を効率的に吸収できる。前記光信号が半絶縁性 InP 基板 5 1 から n 型 InP バッファ層 5 2 に入射する際に InP 媒質のキャリア密度の差に起因する屈折、およびこれに伴う偏波依存性が現れる可能性はあるが、かかる屈折率の偏波依存性はわずかであり、しかも前記 InP 基板 5 1 と InP バッファ層 5 2 との間の界面は前記光吸収層 5 3 の近傍に位置するため、屈折した入射光信号が前記光吸収層 5 3 からそれることではない。

#### 【0035】

このように前記入射光信号の吸収により前記光吸収層 5 3 中において生じた光励起キャリアは、前記電極 5 2 A と 5 4 A との間に逆バイアス電圧を印加しておくことにより前記電極 5 2 A および 5 4 A へと流れ、光電流を形成する。

#### 【0036】

本実施例においては前記基板傾斜角  $\theta$  の値を減少させればさせるほど、前記入射光信号の光吸収層 5 3 中における光路長を増大させることができるが、一方前記角度  $\theta$  を小さくすると入射光を受光するのに必要な受光部の面積、すなわち前記光吸収層 5 3 およびその上の InP キャップ層 5 4、さらにオーミック電極 5 4 A の面積が増大してしまい、フォトダイオードの高速動作が阻害されることになる。このような事情で、前記傾斜角  $\theta$  は  $20^\circ$  以上に設定するのが好ましい。一方、前記傾斜角  $\theta$  が大きくなると前記 InP 基板 5 1 の鋭角部分が力学的に脆



弱になり、このため前記角度 $\theta$ は $30^\circ$ 以下に止めるのが好ましい。

【0037】

次に図5のPINフォトダイオード50の製造工程を、図6(A)～(D)を参照しながら説明する。

【0038】

図6(A)を参照するに前記傾斜InP基板51は約 $20^\circ$ の傾斜角 $\theta$ を有し、前記傾斜InP基板51上にはn型InPバッファ層53と非ドープあるいはn<sup>-</sup>型InGaAs光吸収層53とp型InPキャップ層54とが順次MOVPE法によりエピタキシャルに形成され、次に図6(B)の工程で前記半導体層52から54に対してパターニングを行うことにより、前記InP基板51上に画成された素子領域の各々において図5の素子パターンを形成する。

【0039】

図6(B)の工程では各々の素子パターンにおいて電極52Aおよび54Aの形成までを行い、次に図6(C)の工程において前記傾斜InP基板51を、支持面上においてカッターを作用させることによりへき開する。その結果前記InP基板51は各々が一对の(110)へき開面51A、51Bで画成されたチップに分割され、図6(D)の工程において前記へき開面51A上に反射防止膜51aを形成することにより、図5のPINフォトダイオード50が完成する。

【0040】

なお図6(C)のへき開工程においては、前記へき開面51A、51Bとして(111)面が現れる場合もある。

【0041】

本実施例によるPINフォトダイオード50では、光入射面としてInP基板51のへき開面51Aを使うため、光学的品質の光入射面を容易に、かつ確実に得ることができる。光入射面をへき開により形成することにより、光入射面はInP基板51の入射側側壁面の全面に形成されるため、光入射面52Aと受光領域Mとの位置関係を厳密に管理せずとも、入射光信号を受光領域Mに確実に入射させることができる。

## [第2実施例]

図7は本発明の第2実施例によるPINフォトダイオード60の構成を示す。ただし図7中、先に説明した部分には同一の参照符号を付し、説明を省略する。

## 【0042】

図7を参照するに本実施例では前記非ドープInGaAs光吸収層53およびp型InPキャップ層54の代わりにn型InGaAs光吸収層63およびn型InPキャップ層64が使われ、前記n型InP層52、n型InGaAs光吸収層63およびn型InPキャップ層64は前記InP基板51共々へき開されている。すなわち前記へき開面51Aおよび51Bは前記InP層52、InGaAs層63およびキャップ層64よりなる積層構造体の側壁面を構成している。

## 【0043】

また本実施例では前記n型InPキャップ層64の一部およびその下の光吸収層63の一部にp型拡散領域65Aが形成されており、前記InP層64の前記p型拡散領域65上にはp型オーミック電極64Aが形成されている。またそれ以外の領域にはn型InP層52に達するn型拡散領域65Bが形成され、その上にn型電極64Bが形成されている。さらに前記へき開面51A上には反射防止膜52aが形成されている。該構成では電極64Aと64Bとの間に、前記InP層52を介して前記光吸収層63に逆バイアスが生じるように、バイアス電圧が印加される。

## 【0044】

かかる構成においても、入射光信号は前記へき開面51Aに垂直に入射し、前記InP基板51中を真直ぐ進行して前記光吸収層63に到達する。従って先の図5の実施例と同様に本実施例においても入射光信号検出時の偏波依存性の問題が解消する。さらに基板51の入射側側壁面の全面がへき開面51Aとなっているため、入射側側壁面51Aとp型拡散領域65よりなる受光領域との間の位置関係についての制約が緩和され、素子の製造が容易になる。また入射側側壁面51Aがへき開面であるため光学的品質の光入射面を容易に形成でき、光損失が低減される。

【 0 0 4 5 】

以上の実施例では I n P 基板 5 1 を例に説明を行ったが、本発明は他の I I I V 族化合物半導体基板を使った場合にも適用可能である。

【 0 0 4 6 】

以上、本発明を好ましい実施例について説明したが、本発明はかかる特定の実施例に限定されるものではなく、特許請求の範囲に記載した要旨内において様々な変形・変更が可能である。

【 0 0 4 7 】

【発明の効果】

本発明によれば、半導体受光装置を構成する基板の少なくとも一つの側壁面の全体が、基板主面に対して傾斜した平坦面より構成されるため、かかる平坦面を光信号の入射面として使うことにより、入射光信号を入射面において屈折あるいは反射させることなく前記基板上に形成された受光領域に、実質的に真直ぐに導くことが出来る。その際、前記平坦面は半導体基板の側壁面全体にわたり形成されているため、基板上に形成される受光領域の位置を前記基板側壁面に対して厳密に規定せずとも入射光信号を真直ぐ受光領域に導くことが可能になり、半導体受光装置の製造が容易になる。さらにかかる平坦面は基板として傾斜基板を使うことにより、単純なへき開面作業により形成が可能で、光学的な品質の平坦面を容易に得ることができる。さらに本発明の半導体受光装置では入射光信号がかかる平坦面に垂直に入射して、そのまま真直ぐ受光領域に到達するため、従来のフォトダイオードで入射光の屈折あるいは反射の際に生じていた偏波依存性の問題を回避することができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

従来の P I N フォトダイオードの構成を示す図である。

【図 2】

従来の別の P I N フォトダイオードの構成を示す図である。

【図 3】

従来のさらに別の P I N フォトダイオードの構成を示す図である。

【図 4】

従来のさらに別の P I N フォトダイオードの構成を示す図である。

【図 5】

本発明の第 1 実施例による P I N フォトダイオードの構成を示す図である。

【図 6】

(A) ～ (D) は、図 5 の P I N フォトダイオードの製造工程を示す図である。

【図 7】

本発明の第 2 実施例による P I N フォトダイオードの構成を示す図である。

【符号の説明】

1 入射光

1 0, 2 0, 3 0, 4 0, 5 0, 6 0 P I N フォトダイオード

1 1, 2 1, 4 1, 5 1 半絶縁性 I n P 基板

1 1 A 基板下側主面

1 2, 2 2, 3 2, 4 2, 5 2 n 型 I n P バッファ層

1 2 A, 2 7, 3 6, 4 7, 5 2 A, 6 4 B n 型オーミック電極

1 3, 5 3 非ドーブまたは n 型 I n G a A s 光吸収層

1 4, 5 4 p 型 I n P キャップ層

1 4 A, 2 6, 3 5, 4 6, 5 4 A, 6 4 A p 型オーミック電極

2 1 A 基板側壁面

2 1 B 光入射斜面

2 3, 4 3, 6 3 n 型 I n G a A s 光吸収層

2 4, 3 3, 4 4, 6 4 n 型 I n P キャップ層

2 4 A パッシベーション膜

2 5, 3 4, 4 5, 6 5 A p 型拡散領域

3 1 n 型 I n P 基板

3 1 A n 型 I n P 基板下面

3 1 B n 型 I n P 基板斜面

4 1 A 凹部

4 1 a   S i N 膜

4 1 b   A l 膜

4 1 c   T i 膜

4 1 d   A u 膜

5 1 A, 5 1 B   へき開面

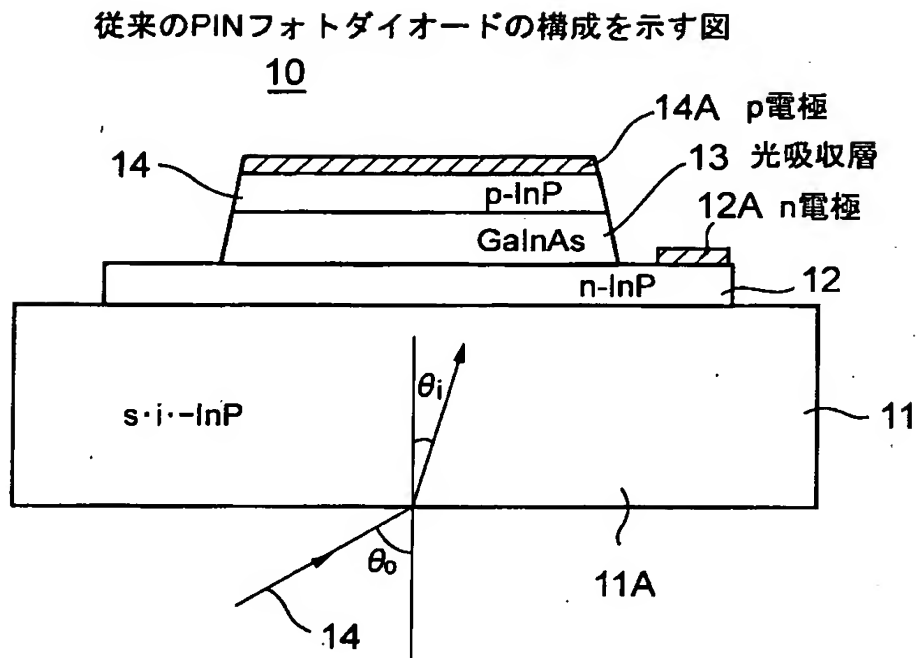
5 1 a   反射防止膜

6 5 B   n 型拡散領域

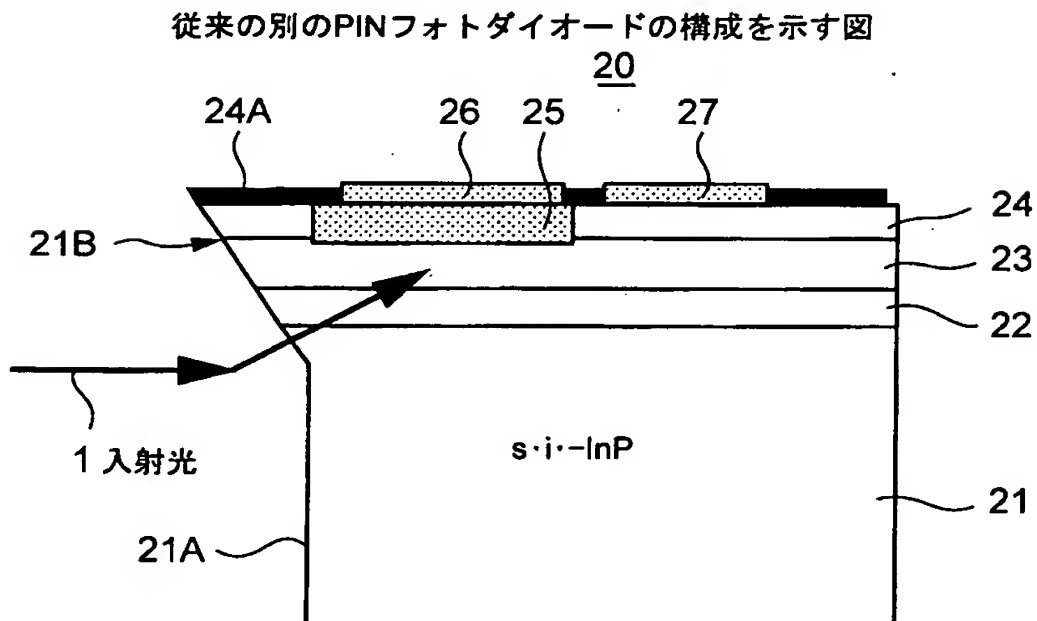
【書類名】

図面

【図 1】

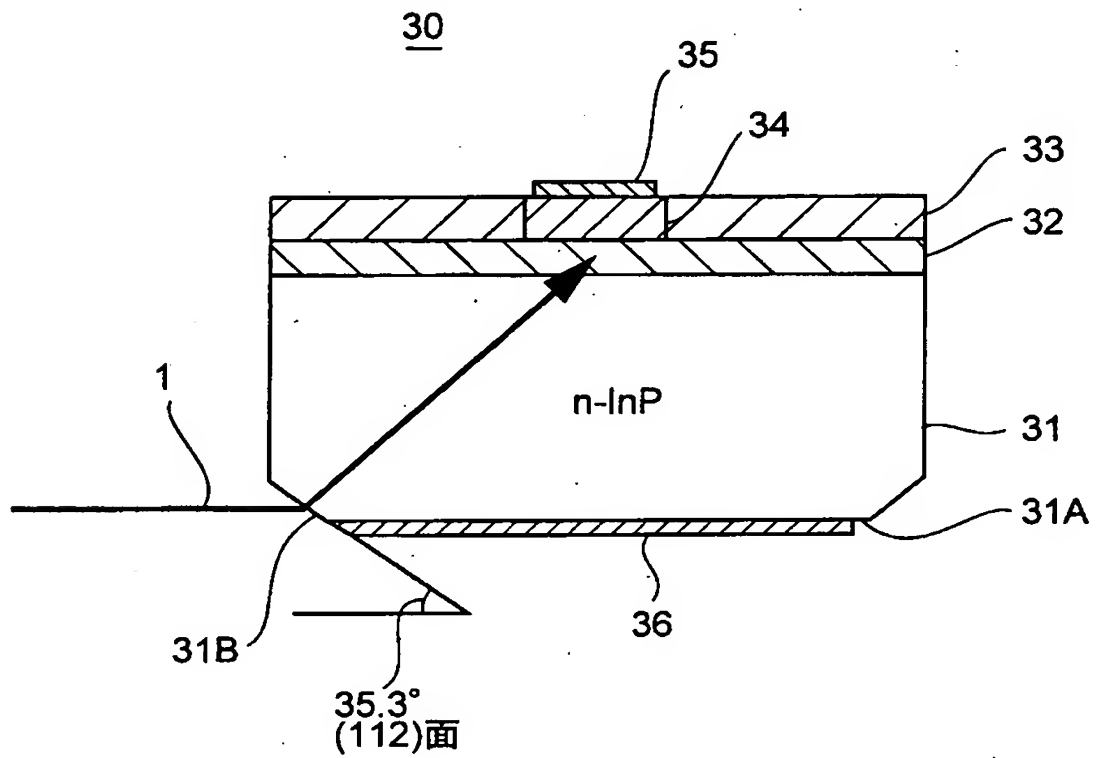


【図 2】



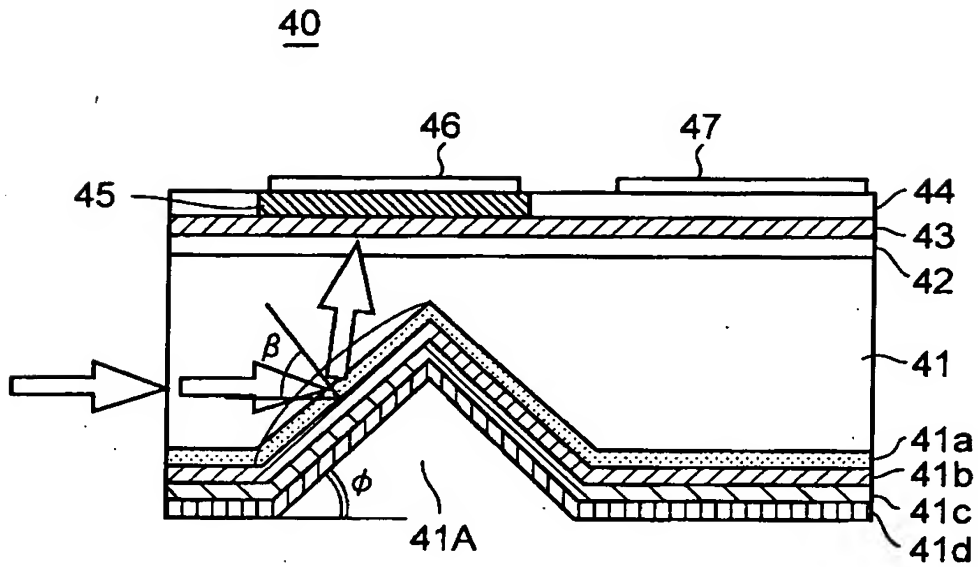
【図3】

従来のさらに別のPINフォトダイオードの構成を示す図



【図 4】

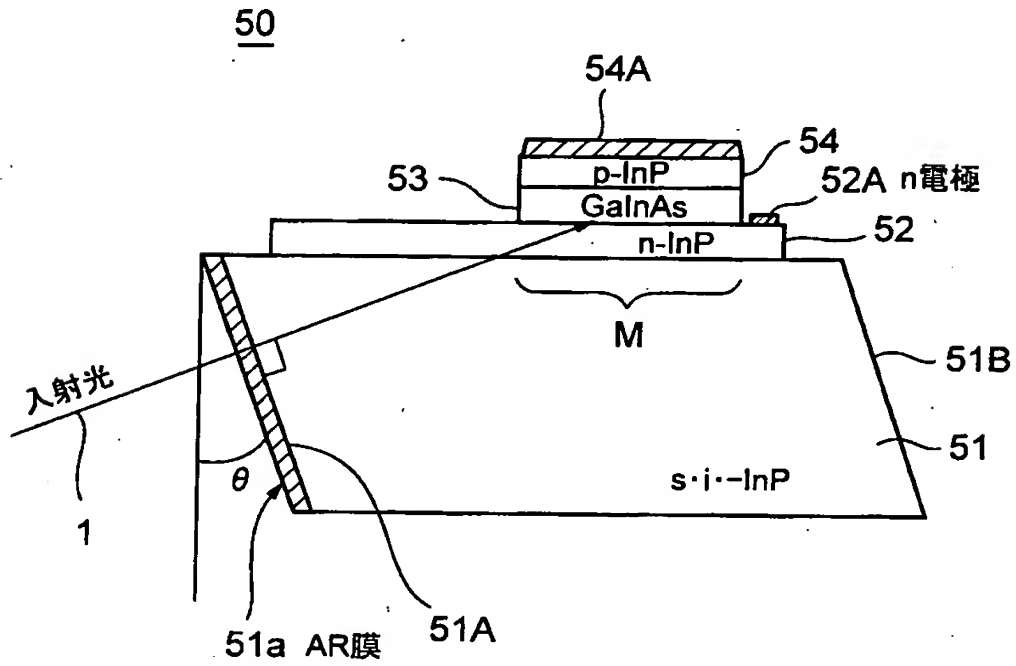
従来のさらに別のPINフォトダイオードの構成を示す図





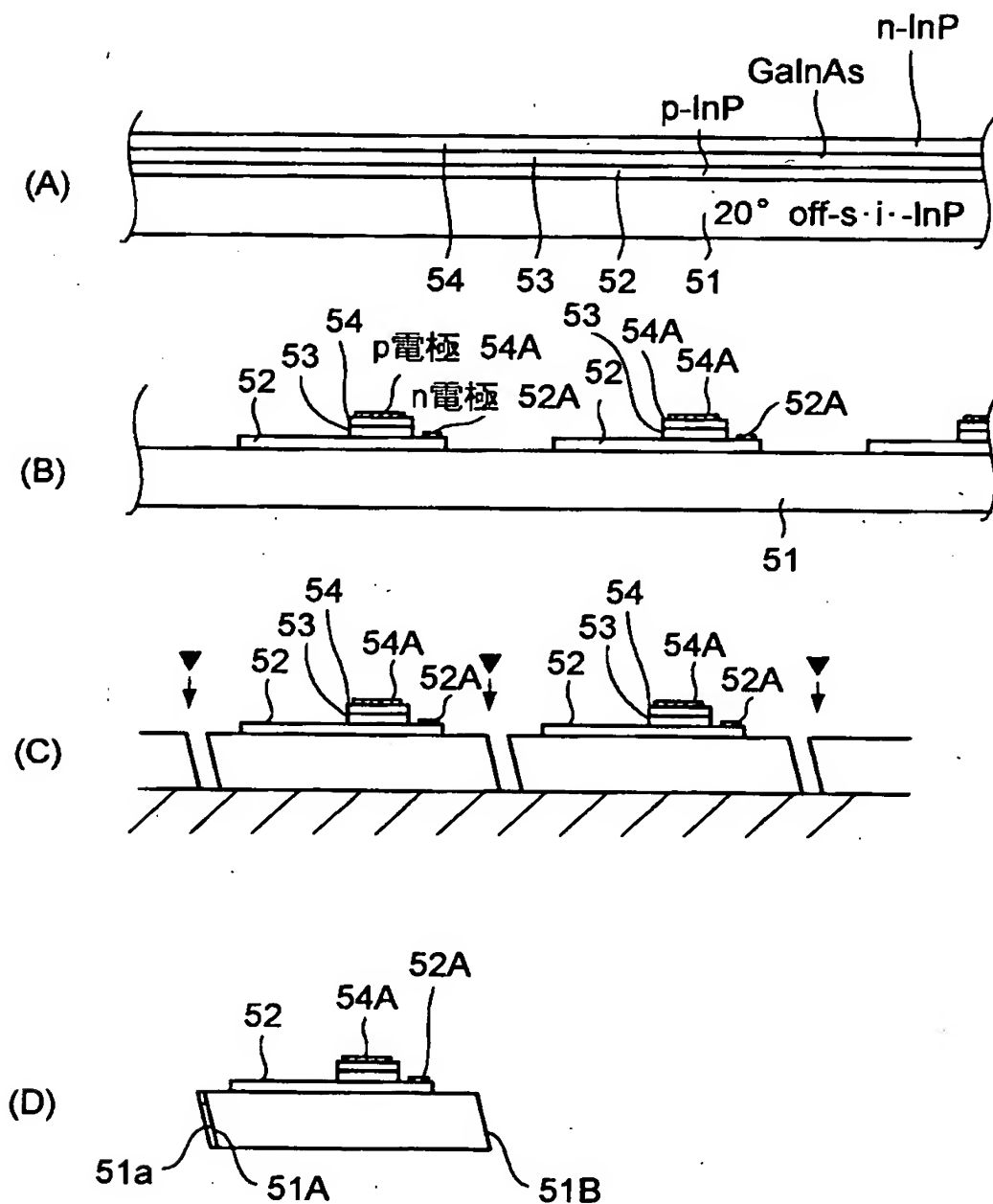
【図 5】

本発明の第 1 実施例による PIN フォトダイオードの構成を示す図



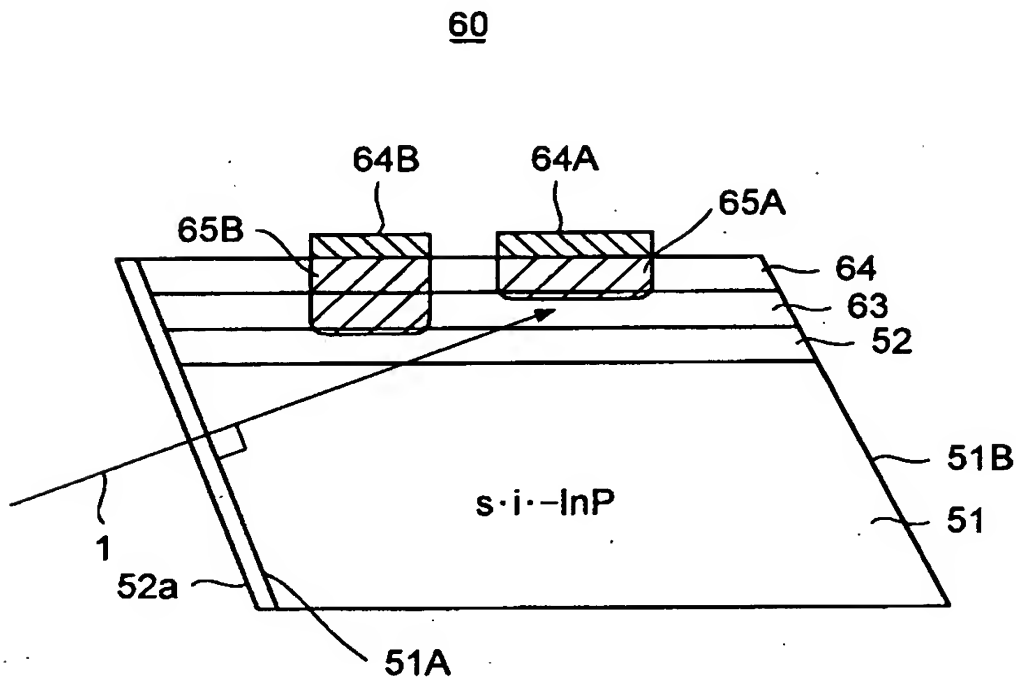
【図 6】

(A)～(D)は図5のPINフォトダイオードの製造工程を示す図



【図 7】

本発明の第2実施例によるPINフォトダイオードの構成を示す図



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 半導体受光装置において光吸収層の厚さを低減して応答速度を向上させる際に、受光効率の低減を回避する。

【解決手段】 半導体受光素子構造を形成された半導体基板をへき開して基板主面に対して斜交するようにへき開面を形成し、かかるへき開面に垂直に入射光を導入する。

【選択図】 図 5

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000154325]

1. 変更年月日 1992年 4月 6日

[変更理由] 名称変更

住 所 山梨県中巨摩郡昭和町大字紙漉阿原1000番地

氏 名 富士通カンタムデバイス株式会社